

# VINDUER I NÆR OG FJERN FRAMTID

Dagens og framtidens vinduer skal inneha og tilfredsstillende en rekke egenskaper og krav. Samtidig gir de og kan gi oss en rekke muligheter både i dag og i framtiden. I det følgende vil vi se litt på noen av disse egenskapene, kravene og mulighetene til vinduer.

## BJØRN PETTER JELLE (SINTEF OG NTNU), ARILD GUSTAVSEN (NTNU) OG BERIT TIME (SINTEF)

Passivhus, plussus og nullutslippshus er noen av betegnelsene som benyttes om dagens og framtidens beste bygninger med hensyn til energieffektivitet. En fellesnevner for disse bygningene er at de er godt varmeisolerert. Alle elementene i bygningenes klimaskjerm må derfor ha en lav varmegjennomgangskoeffisient (U-verdi). For vegger, tak og golv betyr dette at U-verdien ofte blir rundt 0,1 W/(m<sup>2</sup>K) i norsk klima. For bindingsverksvegger kan isolasjonstykkelser dermed bli rundt 40 cm hvis tradisjonell isolasjon benyttes. Hvis man benytter nye isolasjonsmaterialer, som for eksempel vakuumsisolasjonspaneler (VIP) eller aerogelmatter kan isolasjonsveggtykkelsen mer enn halveres.

### VINDUER OG U-VERDI

For vinduer, blir ofte de beste produktene benyttet, og disse har en U-verdi på ca 0,7 – 0,9 W/(m<sup>2</sup>K). Disse U-verdiene er betraktelig høyere enn hva som oppnås i ugnomsiktige bygningselementer, men samtidig så slipper også vinduene inn fornybar solenergi i bygningen. Det arbeides derfor mye med å forbedre isolasjonsevnen til nye vinduer.

### VINDUSRUTER MED LAVERE U-VERDI

For å forbedre dagens beste vinduer arbeides det med en forbedring av vindusruta (glassdelen av vinduet), karm og ramme og med avstandslista som skiller glassene i en rute. Ruta, som ofte utgjør hoveddelen av et vindu, består ofte i

dag av tre lag glass der to av glassene ofte er belagt med lavemisjonsbelegg som reduserer varmestrålingen ut av ruta. Mellom glassene benyttes det ofte en gass som har lavere varmeledningsevne enn luft, for eksempel argon eller krypton. U-verdien til slike ruter er ofte rundt 0,5 W/(m<sup>2</sup>K).

En måte å redusere U-verdien til ruta på kan være å benytte flere lag med glass, men vekten på disse vil være et argument som vil kunne brukes i mot slike vinduer. Andre alternativer kan være å lage ruter der hulrommet mellom glassene har vakuum, såkalte vakuumsruter. Her blir glassene holdt fra hverandre med små pillarer. Uten disse pillarene ville ruta kollapse. Teoretiske beregninger viser at en trelags vakuumsrute kan oppnå en U-verdi på rundt 0,3 W/(m<sup>2</sup>K), men det må nok en del mer utvikling til før slike produkter kommer på markedet.

### AEROGEL I VINDUER OG FASADER

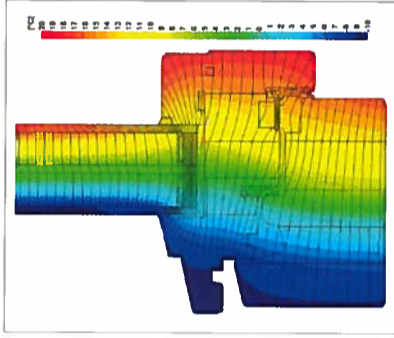
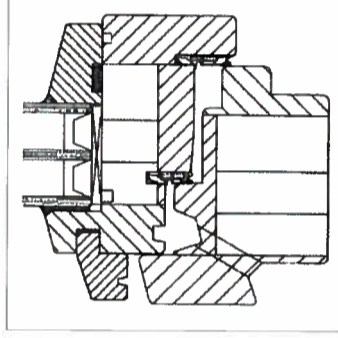
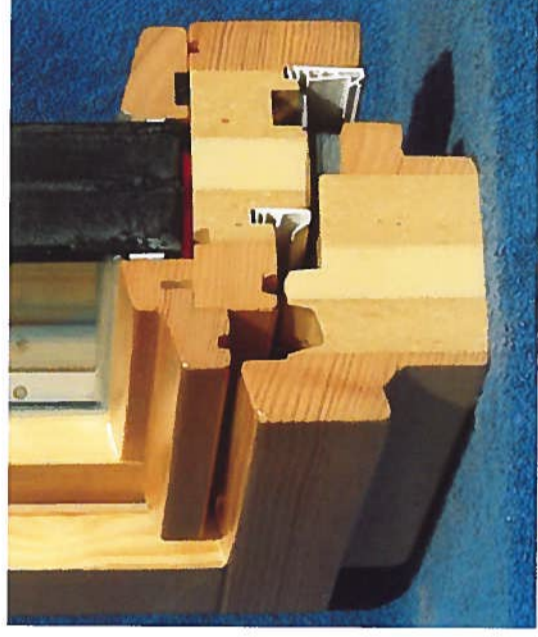
Lav U-verdi i vinduer og fasader kan også oppnås ved bruk av aerogel. Det finnes flere som har utviklet kommersielle aerogel produkter, hvor en U-verdi på 0,3 W/(m<sup>2</sup>K) er oppnådd for noen produkter, men det gjenstår ennå å se aerogel produkter som har like god visuell transmisjon som glass. Figur 1 viser translucent (diffust gjennomskinnelig) aerogel i bruk i bygninger.

### AVSTANDSLISTER OG FORBEDRINGER

I nye gode vinduer i dag benyttes ofte en varmeisolerende avstandslist istedenfor stål eller aluminium. Dette bidrar til å redusere varmetapet gjennom randen av ruta og gjennom tilslutningen mellom rute og vindustramme.

### KARM OG -RAMME MED LAVERE U-VERDI

For vinduskarm og -ramme arbeides det stadig med å redusere U-verdien. For vindustrammer i treverk benyttes det ofte isolasjonsmaterialer, laminert inn mellom trevirket, for å bedre isolasjonsevnen. Det mest brukte isolasjonsmaterialet er polyuretann, men ekstrudert polystyren og kork benyttes også. De beste vindustrammene har en U-verdi på rundt 0,7 W/(m<sup>2</sup>K) og skal man komme lenger ned i U-verdi må man tillate at vindustrammene blir bredere slik at man kan benytte mer isolasjonsmateriale i vindusprofilen. Figur 2 viser en treramme og -karm med en U-verdi på 0,72 W/(m<sup>2</sup>K).



Figur 2. Eksempel på treramme og -karm med lav U-verdi på 0,72 W/(m<sup>2</sup>K). VÖRDE-Passivhausfenster, H. Buck GmbH Fenster und Türen. Polyuretann er brukt som isolasjonsmateriale inne i treprofilene

### VINDUER MED FLERE FUNKSJONER

Det forskes også på vinduer som inneholder flere funksjoner enn dagens tradisjonelle vinduer. Enkelte av disse teknologiene har også fått sine første kommersielle produkter. Flere av disse funksjonene går ut på å utnytte sollyset på forskjellige måter.

### ELEKTROKROME VINDUER

En slik teknologi er såkalte smarte vinduer, og da spesielt elektrokrome vinduer, som kan endre farge og soltransmisjon i hele solspekteret ved hjelp av elektrisk spenning. Dermed kan en i prinsippet altså selv bestemme hvor mye av det synlige lyset og den total solenergien en ønsker å slippe igjennom vindusrutene, eventuelt stenge ut, med økende komfort og sparte utgifter til oppvarming og kjøling som resultat. Nesten halvparten av solenergien ligger i det nære infrarøde området (som en ikke ser), som det da også er viktig å kontrollere. Slike smarte vinduer kan tilpasses de forskjellige behovene i de ulike årstidene og etter individuelle ønsker. Figur 3 viser elektrokrome vinduer fra SAGE Electrochromics i USA.



Figur 3. Elektrokrome vindu for kontroll av soltransmisjonen ved Chabot College, Hayward, California, USA (SAGE Electrochromics). Transparente vindu øverst og mørkeblå vindu til nedst.



Figur 1. Translucent aerogel i bruk i Sculpture Building and Gallery of Yale University, New Haven, Connecticut, USA (Bilde til venstre og i midten) og KALWALL High-Performance Translucent Building Systems (Bilde til høyre).